

PARENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-182119

(43)Date of publication of application : 12.07.1996

(51)Int.Cl.

B60L 15/20

(21)Application number : 06-320885

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 22.12.1994

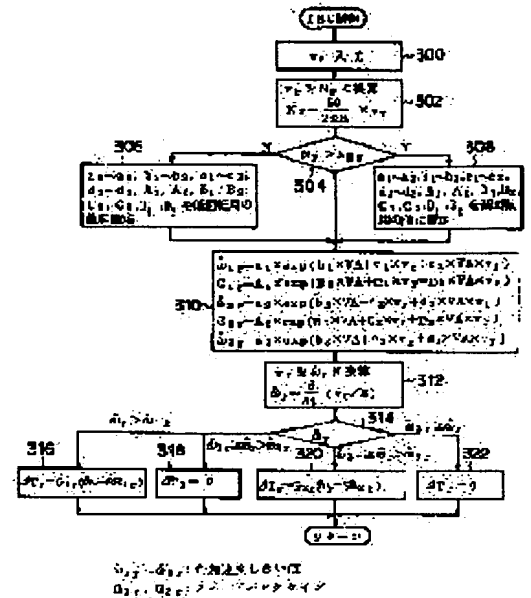
(72)Inventor : OKUDA KENZO

(54) CONTROL METHOD OF TRAVELING MOTOR FOR ELECTRIC VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize a traction control(TRC) suitable for general electric vehicles.

CONSTITUTION: When the angular acceleration $\ddot{\alpha}r$ of drive wheel exceeds a threshold value $\ddot{\alpha}1r$ (314), a torque command is subjected to feedback correction using a torque command correction value $\ddot{\alpha}Tr$ containing a term of angular acceleration $\ddot{\alpha}r$ multiplied by a feedback gain $G1r$. Gripping of pavement by the driving wheel is detected (314) by comparing the angular acceleration $\ddot{\alpha}r$ with a threshold value $\ddot{\alpha}2r$. Temporary drop of the angular acceleration $\ddot{\alpha}r$ due to returning of the drive wheel from a slippery pavement to a normal pavement is detected (314) by comparing the angular acceleration $\ddot{\alpha}r$ with a threshold value $\ddot{\alpha}3r$. The threshold values $\ddot{\alpha}1r$ – $\ddot{\alpha}3r$ and the feedback gains $G1r$, $G2r$ are set (310) depending on the opening of accelerator VA and the wheel speed Vr of drive wheel. The coefficients for determining the threshold values and the feedback gains are altered (304–308) depending on the fact whether the r.p.m of motor Nr exceeded a base r.p.m. NBr or not.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.06.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY



11

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The step which opts for a torque command in the electric vehicle accelerated according to the demand from a pilot according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, The step which determines an angular-acceleration threshold according to the acceleration demanded, and the angular acceleration of a driving wheel Direct or the step which carries out indirect detection, The step which judges whether the driving wheel has slipped by comparing the detection value of angular acceleration with an angular-velocity threshold, The control approach of the drive motor for electric vehicles characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command when judged with having slipped, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[Claim 2] The step which opts for a torque command in the electric vehicle accelerated according to the demand from a pilot according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, The step which determines feedback gain according to the acceleration demanded, The step which judges whether direct or the step which carries out indirect detection, and the driving wheel have slipped the angular acceleration of a driving wheel, By adding or subtracting feedback torque including the term which multiplied the detection value of angular acceleration by feedback gain, when judged with having slipped The control approach of the drive motor for electric vehicles characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[Claim 3] In the electric vehicle with which the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip is generated in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel The step which opts for a torque command, and the angular velocity and angular acceleration of a driving wheel Direct or the step which carries out indirect detection, The step which determines an angular-acceleration threshold according to the detection value of angular velocity, and the step which judges whether the driving wheel has slipped by comparing the detection value of angular acceleration with an angular-velocity threshold, The control approach of the drive motor for electric vehicles characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command when judged with having slipped, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[Claim 4] In the electric vehicle with which the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip is generated in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel The step which opts for a torque command, and the angular velocity and angular acceleration of a driving wheel Direct or the step which carries out indirect detection, The step which determines feedback gain according to the detection value of angular velocity, By adding or subtracting the step which judges whether the driving wheel has slipped, and the feedback torque which includes the term which multiplied the detection value of angular acceleration by feedback gain when judged with having slipped The control approach of the drive motor for electric vehicles characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[Claim 5] The control approach of the drive motor for electric vehicles characterized by having the step which opts for a torque command according to the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles, and the step which carries out a modification setup of direct or the step which carries out indirect detection, and an angular-acceleration threshold or feedback gain for the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles according to the detection value of a rotational frequency in the control approach according to claim 1 to 4.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] About the control approach which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles, this invention relates to the traction control (TRC) which corrects this, when especially a slip (skid) of a driving wheel is detected.

[0002]

[Description of the Prior Art] The fork lift truck which has a TRC function is indicated by JP,2-299402,A and JP,3-27701,A. In this fork lift truck, according to actuation of an accelerator lever, Current i_M is supplied to a car drive motor, and, thereby, torque τ_R occurs in a car drive motor. Moreover, the motor current i_M which should be supplied is determined that required torque τ_R will occur according to a current pair torque characteristic table.

[0003] After detecting that the slip was first generated in the driving wheel generally in TRC, it is necessary to perform predetermined torque feedback processing. Moreover, a slip of a driving wheel is detectable by detecting changing the rate of a driving wheel sharply compared with the acceleration-and-deceleration demand from a pilot (or the acceleration of a driving wheel being large). In an above-mentioned official report, since the output torque of a motor is controlled for the purpose of τ_R , the judgment of slip existence can be performed based on the deflection of actual output-torque τ_M to control-objectives τ_R . That is, it is the following formula [several 1] about acceleration dn/dt which should presume actual output-torque τ_M and then should be essentially generated in this output-torque τ_M by referring to a current pair torque characteristic table with the detection value i_M of a motor current first.

$$\frac{dn}{dt} = K (\tau_M - \tau_R)$$

It is alike, and follows and presumes. Acceleration dn/dt actually produced on the other hand based on the rate of a driving wheel or the detection value of the motor rotational frequency n is calculated, and a slip is suitably detectable, if it is made for actual acceleration dn/dt to consider that the rotational frequency n of a motor, i.e., the rate of a driving wheel, is changed sharply when large compared with acceleration dn/dt which should be generated essentially. If the motor current i_M is reduced when a slip is detected (torque feedback), a driving wheel will grip a road surface again at a certain time, and a slip will be canceled.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, above-mentioned TRC is difficult to carry out extended application in the common electric vehicle which can apply only to the electric rolling stock with which the application which the range of a torque control is limit comparatively, and does not need to take change of the slip criterion at a rotational frequency (or wheel speed) into consideration was limited, but runs a city area and others, when fill the request about the acceleration engine performance of a car.

[0005] First, since there is need, such as climb way transit and highway transit, in the case of the usual electric vehicle, according to the acceleration demand from a pilot, it is necessary to cover the large range and to more specifically carry out adjustable control of the output torque according to accelerator opening. Moreover, it is necessary to carry out high-speed rotation of the motor if needed. Therefore, in control of a motor, the control objectives (torque command) of an output torque are determined according to an engine-speed pair torque characteristic table as shown, for example in drawing 9.

[0006] the continuous line and broken line in drawing -- each -- the field where the motor engine speed N is lower than the base engine speed N_B -- output-torque = -- the fixed straight line is drawn and the product (output power) of an output torque and an engine speed N is drawing the fixed curve in the high field. Furthermore, a continuous line is used when accelerator opening is 100% (i.e., when the pilot is demanding the maximum acceleration), and a broken line is used when accelerator opening is 50% or 20%. That is, it opts for a

torque command referring to the table of drawing 9 in the motor engine speed N and accelerator opening, or by dividing the result proportionally with reference to an accelerator opening 100% table at the motor engine speed N at accelerator opening. If an output torque is controlled according to such a property, not only flat way transit but climb way transit etc. will be attained, and high-speed transit etc. will be attained.

[0007] If it is applying the approach of a publication to an above-mentioned official report, and performing TRC to the electric vehicle which performs a torque control according to such the control characteristic, it will become difficult to control the difference of the rate of a driving wheel and the rate of a car body, i.e., to reduce the effect of a slip to a steering. This is premised on electric rolling stock [like a fork lift truck] for premises whose approach is as a result above-mentioned flat way transit, and above-mentioned low speed fixed-speed transit, and is because the slip judging was performed on the criteria same irrespective of change of accelerator opening or the motor rotational frequency N (or wheel speed of a driving wheel) and torque feedback has been performed [taking into consideration neither climb way transit nor highway transit, therefore] by the same technique again.

[0008] Moreover, generally, as shown in drawing 10, it depends on wheel speed v for the threshold it can consider that generated the slip on wheel speed rate-of-change dv/dt or rotational frequency rate-of-change dn/dt . Since the premise of the yard transit is carried out to the above-mentioned official report by the approach of a publication, it does not go into consideration primarily that wheel speed v continues and changes to the large range, therefore it cannot cope with change of the slip generating situation by wheel speed v .

[0009] This invention is made considering solving such a trouble as a technical problem, and aims at offering TRC applicable to a common electric vehicle by improvement of the slip judging approach and the torque feedback approach.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain such a purpose, the 1st configuration of this invention The step which opts for a torque command in the electric vehicle accelerated according to the demand from a pilot according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, The step which determines an angular-acceleration threshold according to the acceleration demanded, and the angular acceleration of a driving wheel Direct or the step which carries out indirect detection, The step which judges whether the driving wheel has slipped by comparing the detection value of angular acceleration with an angular-velocity threshold, It is characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command when judged with having slipped, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[0011] In the electric vehicle which accelerates the 2nd configuration of this invention according to the demand from a pilot The step which opts for a torque command according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, The step which determines feedback gain according to the acceleration demanded, The step which judges whether direct or the step which carries out indirect detection, and the driving wheel have slipped the angular acceleration of a driving wheel, By adding or subtracting feedback torque including the term which multiplied the detection value of angular acceleration by feedback gain, when judged with having slipped It is characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[0012] In the electric vehicle with which the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip has generated the 3rd configuration of this invention in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel The step which opts for a torque command, and the angular velocity and angular acceleration of a driving wheel Direct or the step which carries out indirect detection, The step which determines an angular-acceleration threshold according to the detection value of angular velocity, and the step which judges whether the driving wheel has slipped by comparing the detection value of angular acceleration with an angular-velocity threshold, It is characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command when judged with having slipped, and the step which controls the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[0013] In the electric vehicle with which the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip has generated the 4th configuration of this invention in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel The step which determines feedback gain for the angular velocity and angular acceleration of a driving wheel as direct or the step which carries out indirect detection according to the detection value of angular velocity, By adding or subtracting the step which judges whether the driving wheel has slipped, and the feedback torque which includes the term which multiplied the detection value of angular acceleration by feedback gain when judged with having slipped It is characterized by having the step which carries out feedback amendment of the torque command, and the step which controls

the output torque of the drive motor for electric vehicles based on a torque command.

[0014] Each configuration of this invention is characterized by having further the step which opts for a torque command according to the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles, and the step which carries out a modification setup of direct or the step which carries out indirect detection, and an angular-acceleration threshold or feedback gain for the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles according to the detection value of a rotational frequency.

[0015]

[Function] In the 1st configuration of this invention, an angular-acceleration threshold is first determined according to accelerator opening, corresponding to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded. The detection value of the angular acceleration of a driving wheel is compared with this angular-velocity threshold. When the driving wheel has slipped, since the angular velocity of a driving wheel is changed sharply, the angular acceleration of a driving wheel becomes large. Therefore, the existence of a slip can be judged by carrying out the threshold judging of the detection value of the angular acceleration of a driving wheel. When judged with having slipped, feedback amendment of the torque command is carried out according to the detection value of the angular acceleration of a driving wheel. By performing this feedback amendment suitably, a slip of a driving wheel is controlled thru/or canceled and a driving wheel grips a road surface again. Moreover, since the angular-acceleration threshold is determined according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, even if it is the case where a motor is controlled according to the property that torque value changes according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, a slip can detect using the angular-acceleration threshold which was adapted for the ratio concerned, therefore a slip is controlled thru/or canceled suitably.

[0016] In the 2nd configuration of this invention, according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, feedback gain is determined first, and it is judged whether next the driving wheel has slipped. When judged with having slipped, feedback amendment of the torque command is carried out according to the detection value of the angular acceleration of a driving wheel. By performing this feedback amendment suitably, a slip of a driving wheel is controlled thru/or canceled and a driving wheel grips a road surface again. Moreover, the detection value of angular acceleration is multiplied by the feedback gain determined according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded. By adding or subtracting the feedback torque which, as a result, includes a slack feedback correction term Since feedback amendment of a torque command is performed, even if it is the case where a motor is controlled according to the property that torque value changes according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded Feedback amendment of the amount which was adapted for the ratio concerned can be performed to a torque command, and a slip is controlled thru/or canceled suitably.

[0017] In the 3rd configuration of this invention, an angular-acceleration threshold is determined according to the angular velocity of a driving wheel. Then, processing is performed in the same procedure as the 1st configuration. Therefore, by performing the approach concerning this configuration, a slip of a driving wheel is controlled thru/or canceled and a driving wheel grips a road surface again. Moreover, since the angular-acceleration threshold is determined according to the angular velocity of a driving wheel, even if it is the case where the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip is generated in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel, a slip can be detected using the angular-acceleration threshold which was adapted for the angular velocity concerned, therefore a slip is controlled thru/or canceled suitably.

[0018] In the 4th configuration of this invention, feedback gain is determined according to the angular velocity of a driving wheel. Then, processing is performed in the same procedure as the 2nd configuration. Therefore, by performing the approach concerning this configuration, a slip of a driving wheel is controlled thru/or canceled and a driving wheel grips a road surface again. Moreover, by multiplying the detection value of angular acceleration by the feedback gain determined according to the angular velocity of a driving wheel, and adding or subtracting the feedback torque which, as a result, includes a slack feedback correction term Since feedback amendment of a torque command is performed, even if it is the case where the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip is generated in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel Feedback amendment of the amount which was adapted for the angular velocity concerned can be performed to a torque command, and a slip is controlled thru/or canceled suitably.

[0019] each configuration of this invention -- setting -- further -- the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles -- direct -- or indirect detection is carried out. Furthermore, according to the detection

value of a rotational frequency, modification setup of an angular-acceleration threshold or the feedback gain is carried out. Therefore, since feedback amendment of the amount which can detect the slip using the angular-acceleration threshold which was adapted for the rotational frequency concerned, or was adapted for the rotational frequency concerned can be performed to a torque command even if it is the case where a torque command controls the motor concerned according to the property of changing according to the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles, a slip is controlled thru/or canceled suitably.

[0020]

[Example] Hereafter, the suitable example of this invention is explained based on a drawing.

[0021] The system configuration of the electric vehicle suitable for carrying out this invention is shown in drawing 1. The car 10 shown in this drawing is a car of a rear drive with which front wheels 12r and 12l. are used as a coupled driving wheel, and it uses rear wheels 14r and 14l. as a driving wheel. In addition, suppose at the tail of the sign of the member relevant to right-hand side driving wheel 14r that r is given, respectively in the following explanation at the tail of the sign of the member relevant to 14l. of left-hand side driving wheels for r.

[0022] Motor 16r for car transit or 16l. are attached or built in driving wheels 14r and 14l., respectively. That is, a car 10 is the electric vehicle of a wheel in motor method. Motors 16r and 16l. are all three-phase-circuit alternating current motors, and receive supply of drive power from the main dc-battery 19 through corresponding inverter 18r or 18l. That is, the discharge output of the main dc-battery 19 is changed into a three-phase-circuit alternating current from a direct current by inverter 18r or 18l., and is supplied to motor 16r which is a three-phase-circuit alternating current motor, or 16l., respectively.

[0023] A Motors [16r and 16l.] output torque is controlled by the controller 20. That is, a controller 20 is the driving wheels [14r and 14l.] rate v_r by the rotation sensors 22r and 22l. attached to Motors 16r and 16l., respectively while inputting the information about the accelerator opening V_A and brake treading strength. And v_l It detects and opts for the torque command concerning Motors 16r and 16l. based on these. In addition, rate v_r And rate v_l It replaces with and is acceleration ω_r . And ω_l You may make it detect. By controlling the inverters 18r and 18l. which correspond based on the torque command for which it opted, a controller 20 controls the three-phase-circuit alternating current supplied to the motors 16r and 16l. concerned so that the torque command for which it opted is realized by each motors 16r and 16l.

[0024] The part relevant to TRC is shown in drawing 2 among the internal configurations of a controller 20. The configuration of this drawing is constituted from the torque command output sections 30r and 30l. by the torque command operation part 24r and 24l. prepared corresponding to the driving wheels 14r and 14l. of each right and left, the TRC control sections 26r and 26l., Subtractors 28r and 28l., and the list.

[0025] The above-mentioned accelerator opening V_A is inputted into the torque command operation part 24r and 24l. The torque command operation part 24r and 24l. determines the torque command T_r or T_l based on the information acquired in corresponding rotation sensor 22r besides this accelerator opening V_A , or 22l., and outputs it to Subtractors 28r and 28l. The TRC control sections 26r and 26l. calculate torque command correction value ΔT_r or ΔT_l based on the information acquired from corresponding rotation sensor 22r or 22l., and output this to corresponding subtractor 28r or 28l. It sets to Subtractors 28r and 28l., and is [Equation 2].

$$T_r = T_r - \Delta T_r$$

$$T_l = T_l - \Delta T_l$$

***** is performed and the torque commands T_r and T_l after the obtained amendment are supplied to corresponding torque command output section 30r or 30l. The torque command output sections 30r and 30l. control the power conversion actuation by inverter 18r which corresponds according to this torque command T_r or T_l , or 18l. For example, on the power conversion actuation in Inverters 18r and 18l., and a concrete target, switching operation is controlled to realize as a current whose current command which opted for and opted for the current command according to the torque command T_r or T_l is motor 16r or 16l.

[0026] The outline of the control model in this example is shown in drawing 3. In this drawing, only the control model about right-hand side driving wheel 14r is shown. This is because the principle of operation of a controller 20 is [that on either side driving wheels / 14r and 14l. / behavior is substantially the same on a control model, and] a thing based on driving wheel 14r on either side and an algorithm with 14l. same about each. Then, hereafter, although the control action about right-hand side driving wheel 14r is explained chiefly, the same explanation is realized also about 14l. of left-hand side driving wheels.

[0027] As previously explained using drawing 2, from subtractor 28r, the torque command T_r which received the feedback amendment by torque command correction value ΔT_r is outputted. This torque command T_r is realized in driving wheel 14r through inverter 18r or motor 16r. However, the torque realized serves as a value which reduced the torque by the friction reaction force which driving wheel 14r receives from a road surface

from the torque equivalent to the torque command T_r . Angular-acceleration ω_r of the value which multiplied the torque realized to driving wheel 14r by G/I when it was expressed the inertia of driving wheel 14r as I , and expressing gravitational acceleration as g . Wheel speed v_r which will be detected by rotation sensor 22r supposing the attaching position of rotation sensor 22r is in the distance of R from the core of driving wheel 14r, since it generates [Equation 3]

$$v_r = R \int \frac{g}{I} T_r dt$$

It becomes. However, T_r in this formula is the value which subtracted the torque by friction reaction force from the torque command T_r . The output of rotation sensor 22r is inputted into torque command operation part 24r or TRC control-section 26r as mentioned above.

[0028] The flow of actuation of torque command operation part 24r in this example is shown in drawing 4. It is the wheel speed v_r into which torque command operation part 24r inputted wheel speed v_r and the accelerator opening VA into first (100), and inputted as shown in this drawing. Rotational frequency N_r of motor 16r It changes (102). As transformation in that case, it is [Equation 4].

$$N_r = \frac{60}{2\pi R} \times V_r$$

It is used. Torque command operation part 24r is the obtained engine speed N_r . By referring to a table 200, it is the engine speed N_r . The greatest realizable output-torque T_{maxr} is determined (104). A table 200 is the engine speed N_r in case the accelerator opening VA is 100%. It is the table showing the property of the pair torque command T_r . N_{Br} expresses the base rotational frequency of motor 16r among drawing. Torque command operation part 24r is based on the accelerator opening VA inputted at maximum torque T_{maxr} and step 100 which were obtained in this way, and is the next operation [several 5].

$$T_r = T_{maxr} \times VA$$

It performs and this opts for the torque command T_r (106). The ***** torque command T_r is supplied to torque command output section 30r through subtractor 28r as mentioned above.

[0029] The flow of actuation of TRC control-section 26r in this example is shown in drawing 5.

[0030] TRC control-section 26r is the wheel speed v_r detected by corresponding rotation sensor 22r. It inputs (300) and is the rotational frequency N_r of motor 16r about this. It changes (302). The formula used in the above-mentioned step 102 as transformation in that case and the same formula are used. TRC control-section 26r is an engine speed N_r . It compares with the base engine speed N_{Br} (304). Multiplier a_1 - a_3 used for the below-mentioned control according to a comparison result, b_1 - b_3 , c_1 - c_3 , d_1 - d_3 , A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , D_1 , and D_2 It sets up (306,308). That is, as the control characteristic of motor 16r, a property which serves as torque regularity below at the base rotational frequency N_{Br} , and serves as output-power regularity above is used as shown in above-mentioned drawing 9 or the table 200 in drawing 4. Therefore, base rotational frequency N_{Br} . The value of the torque command T_r turns into a different value by the upper and lower sides. Therefore, even if it faces performing TRC, it is an engine speed N_r about the angular-velocity threshold for a slip judging, or the value of the feedback gain for feedback amendment of the torque command T_r (after-mentioned). It is desirable to switch according to whether to be more expensive than the base engine speed N_{Br} or low. Steps 306 and 308 are steps for performing such a change-over, and the value for high rotation is set as an above-mentioned multiplier for the value for low rotation in step 308 in step 306, respectively.

[0031] TRC control-section 26r uses each multiplier set up in step 306 or 308, and is the accelerator opening VA and wheel speed v_r . It is based and is the following formula [several 6] about angular-velocity threshold ω_r , $1/r - \omega_r$, $3r$ feedback gain G_1r , and G_2r .

$$\dot{\omega}_{1r} = a_1 \times \exp(b_1 \times VA + c_1 \times v_r + d_1 \times VA \times v_r)$$

$$G_{1r} = A_1 \times \exp(B_1 \times VA + C_1 \times v_r + D_1 \times VA \times v_r)$$

$$\dot{\omega}_{2r} = a_2 \times \exp(b_2 \times VA + c_2 \times v_r + d_2 \times VA \times v_r)$$

$$G_{2r} = A_2 \times \exp(B_2 \times VA + C_2 \times v_r + D_2 \times VA \times v_r)$$

$$\dot{\omega}_{3r} = a_3 \times \exp(b_3 \times VA + c_3 \times v_r + d_3 \times VA \times v_r)$$

It is alike, and follows and determines (310). TRC control-section 26r is the wheel speed v_r inputted at step 300 further. The following formula [several 7]

$$\dot{\omega}_r = \frac{d}{dt} (v_r / R)$$

***** angular-acceleration ω_r It changes (312). angular-acceleration ω_r from which TRC control-section 26r was obtained by conversion ***** -- the comparison test 3r [angular-acceleration threshold ω , 1 r- ω , and] used is performed (314).

[0032] Namely, ω_r When $\omega_r > \omega$ and 1r are materialized, TRC control-section 26r is [Equation 8].

$$\Delta T_r = G_{1r} (\dot{\omega}_r - SR_{1r})$$

By the ** type, when that is not right, it is [Equation 9].

$$\Delta T_r = 0$$

A ** type determines torque command correction value ΔT_r (316,318). However, even if it is the case of the latter, they are ω_r and 2 r- ω_r . It is [Equation 10] when materialized.

$$\Delta T_r = G_{2r} (\dot{\omega}_r - SR_{2r})$$

According to a ** type, the value of torque command correction value ΔT_r is determined (320).

[0033] TRC control-section 26r is ω_r and 2 r- ω_r further. Even if it is the case where it is materialized, they are ω_r and 3 r- ω_r . It is [Equation 11] when materialized.

$$\Delta T_r = 0$$

Torque command correction value ΔT_r is determined according to a ** type (322). Subtractor 28r is supplied and torque command correction value ΔT_r determined by either of steps 316-322 is the torque command T_r . It is fed back.

[0034] Drawing 6 is the output torque and angular-acceleration ω_r of motor 16r in this example. Behavior is shown. For (a), especially (b) is angular-acceleration ω_r about the behavior of an output torque among these drawings. It is drawing showing behavior, respectively, and both drawings are drawn about the same time amount. Moreover, (c) is angular-acceleration ω_r . It is drawing drawn about the time interval larger than (b) about behavior.

[0035] First, time-of-day $t=t_0$ When driving wheel 14r usually goes into a detail from a road surface more at a slip road surface, it follows on driving wheel 14r slipping, and is [the car 10 of the example of a small lever, and] angular-acceleration ω_r . It is ω_r as a result of increasing. The conditions of $\omega_r < \omega$ and 1r are satisfied. Then, torque command correction value ΔT_r determined at step 316 The feedback amendment to depend is the torque command T_r . Since it is given, it is the torque command T_r . It falls gradually. Then, torque command T_r When a value usually becomes sufficiently low compared with the value in a road surface, as a result of a road surface's gripping by driving wheel 14r, it is angular-acceleration ω_r . A value also turns into a sufficiently small value. This is angular-acceleration ω_r at step 314. It is detected by comparing with angular-acceleration threshold ω and 2r. Namely, ω_r and 2 r- ω_r It detects that had having been materialized and the driving wheel 14 gripped the road surface.

[0036] Then, it is torque command correction value ΔT_r determined by step 320 while the car 10 was running the slip road surface. The condition that feedback amendment to depend is performed to the torque command T_r continues. When driving wheel 14r of a car 10 returns to the usual road surface in the condition that such feedback amendment is continuing being added, it is angular-acceleration ω_r . A value changes to a temporary still lower value. It sets to step 314 and this change is angular-acceleration ω_r . It is detected by comparing with angular-acceleration threshold ω and 3r. Namely, ω_r and 3 r- ω_r When judged, TRC control-section 26r is torque command correction value ΔT_r . A value is returned to 0 (step 322).

[0037] Thus, according to this example, it is angular-acceleration ω_r . The comparison with angular-acceleration threshold ω and 1r detects a slip, and it is the torque command T_r . In order to carry out reduction amendment, it becomes possible to grip a road surface at an early stage by driving wheel 14r. Moreover, angular-acceleration ω_r It detects that driving wheel 14r gripped the road surface by the comparison with angular-acceleration threshold ω and 2r, and is the torque command T_r . In order to carry out reduction amendment, driving wheel 14r can hold the condition of gripping the road surface. Furthermore, angular-acceleration ω_r Since the comparison with angular-acceleration threshold ω and 3r detected that driving wheel 14r usually shifted to the road surface from the slip road surface, it usually follows on the shift to a road surface from a slip road surface, and it is the torque command T_r immediately. It can return to the original value.

[0038] Furthermore, since the value of angular-acceleration threshold ω , 1 r- ω and 3r, feedback gain G_{1r} , and G_{2r} was changed in this example according to the value of the accelerator opening VA, It responds to the value of the accelerator opening VA, and is the torque command T_r . In spite of controlling motor 16r according to the property that a value changes, a road surface is suitably gripped by driving wheel 14r, therefore

it is wheel speed v_r . A difference with car body speed V can be controlled suitably. Moreover, it is the wheel speed v_r of driving wheel 14r about base angular-acceleration threshold or feedback gain. Angular-acceleration ω_r which can be regarded as the slip being generated since it responds and was made to make it change. A value is wheel speed v_r . It depends, in spite of changing, a road surface is suitably gripped by driving wheel 14r, and it is wheel speed v_r . A difference with car body speed V can be controlled. Moreover, they are the accelerator opening V_A and wheel speed v_r in the formula which determines an angular-acceleration threshold and feedback gain. Since the term concerning a product is included, they are the accelerator opening V_A and wheel speed v_r . The nonlinear behavior produced when it changes to coincidence can also be coped with.

[0039] For example, it sets to this example as shown in drawing 7 (A) - (D), and it is wheel speed v_r . Regardless of the accelerator opening V_A , it is wheel speed v_r . The difference of car body speed V can be controlled in and abroad 5%. On the other hand, they are the accelerator opening V_A and wheel speed v_r about an angular-acceleration threshold or the value of feedback gain. When it responds, and is made not to change and especially the car 10 is running the slip road surface as shown in drawing 8, it is wheel speed v_r . A difference with car body speed V becomes large. Drawing 8 is the result of being obtained under the same conditioning as drawing 7 (A).

[0040] In addition, it sets to this example and is the engine speed N_r of motor 16r. He is trying to switch the value of various kinds of multipliers for determining an angular-acceleration threshold and the value of feedback gain according to whether the value of the base engine speed N_B was exceeded. For this, the control characteristic of motor 16r is a rotational frequency N_r . It responds to it being not a property to which it is not based but fixed torque is made to always output but the property of changing torque according to the curve of output regularity especially in a high rotation region. Thereby, according to this example, TRC which coped with transit in a high rotation region especially is realizable.

[0041] Furthermore, in this example, the car 10 is constituted as an electric vehicle of a wheel in motor type. Therefore, even if it is the case where it is running a road surface from which coefficient of friction of the part where coefficient of friction and 14l. of driving wheels of the part where driving wheel 14r has touched have touched differs, a road surface can be gripped every [each driving wheel 14r and] 14l. It is not necessary to perform brake control etc. like the conventional gasoline-powered vehicle in that case.

[0042] in addition -- an above-mentioned example -- steps 316 and 320 -- setting -- torque command correction value ΔT_r the time of calculating -- angular-acceleration ω_r from -- multiplier $SR1_r$ Or $SR2_r$ Torque command correction value ΔT_r from which this is obtained by step 316 or 320 although he is trying to reduce the processing for adjusting a sign -- it is -- $SR1_r$ And $SR2_r$ A value can be determined suitably in design.

[0043]

[Effect of the Invention] By comparing the detection value of the angular acceleration of a driving wheel with the angular-acceleration threshold determined according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded according to the 1st configuration of this invention, as explained above Since the slip of a driving wheel was detected, even if it is the case where a motor is controlled according to the property that torque value changes according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded A slip can be detected using the angular-acceleration threshold which was adapted for the ratio concerned, therefore a slip can be controlled thru/or canceled suitably.

[0044] When a slip is detected according to the 2nd configuration of this invention, the detection value of the angular acceleration of a driving wheel is multiplied by the feedback gain determined according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded. In order to carry out feedback amendment of the torque command by adding or subtracting the feedback torque which, as a result, includes a slack feedback correction term, Even if it is the case where a motor is controlled according to the property that torque value changes according to the ratio of the acceleration to the torque command in which the maximum output is possible demanded, feedback amendment of the amount which was adapted for the ratio concerned can be performed to a torque command, and a slip can be controlled thru/or canceled suitably.

[0045] Since the slip of a driving wheel was detected by comparing the detection value of the angular acceleration of a driving wheel with the angular-acceleration threshold determined according to the angular velocity of a driving wheel according to the 3rd configuration of this invention, Even if it is the case where the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip is generated in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel, a slip can be detected using the angular-acceleration threshold which was adapted for the angular velocity concerned, therefore a slip can be controlled thru/or canceled suitably.

[0046] When a slip is detected according to the 4th configuration of this invention, the detection value of the

angular acceleration of a driving wheel is multiplied by the feedback gain determined according to the angular velocity of a driving wheel. In order to carry out feedback amendment of the torque command by adding or subtracting the feedback torque which, as a result, includes a slack feedback correction term, Even if it is the case where the angular-velocity rate of change of the driving wheel which shows the boundary of whether the slip is generated in the driving wheel runs the road surface depending on the angular velocity of a driving wheel, feedback amendment of the amount which was adapted for the angular velocity concerned can be performed to a torque command, and a slip can be controlled thru/or canceled suitably.

[0047] And in order to carry out a modification setup of an angular-acceleration threshold or the feedback gain according to the detection value of the engine speed of a motor according to each configuration of this invention, Even if it is the case where a torque command controls the motor concerned according to the property of changing according to the rotational frequency of the drive motor for electric vehicles Since feedback amendment of the amount which could detect the slip using the angular-acceleration threshold which was adapted for the rotational frequency concerned, or was adapted for the rotational frequency concerned can be performed to a torque command, a slip can be controlled thru/or canceled suitably.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the system configuration of the electric vehicle suitable for carrying out this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing a part of internal configuration of the controller in this example.

[Drawing 3] It is drawing on which the control model in this example is drawn about a right-hand side driving wheel.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the flow of actuation of the torque command operation part in this example.

[Drawing 5] It is the flow chart which shows the flow of actuation of the TRC control section in this example.

[Drawing 6] It is drawing showing the behavior of the torque in this example, and angular acceleration, and (c) is drawing showing the behavior of angular acceleration when (b) usually shifts the behavior of angular acceleration [in / for the behavior of torque immediately after especially (a) usually shifts to a slip road surface from a road surface / a coincidence point] to a slip road surface from a road surface and further usually returns to a road surface, respectively.

[Drawing 7] The case where it is drawing showing the effectiveness of this example, and wheel speed and the wheel speed of a driving wheel of both (A) are the predetermined values a, and accelerator opening is 100% Both (B) the case where car body speed and the wheel speed of a driving wheel are 0, and accelerator opening is 100% Both (D of both (C)) is drawings in which car body speed and the wheel speed of a driving wheel are 0 about the case where car body speed and the wheel speed of a driving wheel are the predetermined values a, and accelerator opening is 20%, and accelerator opening shows the case where it is 20%, respectively.

[Drawing 8] It is drawing showing the actuation at the time of being made not to perform control of this example under the condition whose accelerator opening both car body speed and the car body speed of a driving wheel are a, and is 100% about an angular-acceleration threshold and feedback gain.

[Drawing 9] It is drawing showing the rotational frequency pair torque control property generally used in an electric vehicle.

[Drawing 10] It is drawing showing the wheel speed dependence property of the wheel speed rate of change which a slip generates.

[Description of Notations]

10 Car, 12R, 12L. Coupled Driving Wheel, 14R, 14L. Driving Wheel, 16r, 16l. A motor, 18r, 18l. An inverter, 19 Main dc-battery, 20 A controller, 22r, 22l. A rotation sensor, 24r, 24l. Torque command operation part, 26r, 26l. A TRC control section, 28r, 28l. A subtractor, 30r, 30l. Torque command output section, Tr, Tl A torque command, deltaTr, deltaTl Torque command correction value, Omega-r Angular-acceleration and omegar Angular velocity, vr Wheel speed, Nr Motor rotational frequency, A NBr base engine speed, omega, 1r-omega, and 3r An angular-acceleration threshold, G1r, G2r Feedback gain, a1 -a3, b1 -b3, c1 -c3, d1 -d3 Multiplier which determines the multiplier which determines an angular-acceleration threshold, and to determine, A1, A2, B1, B-2, C1, C2, D1, and D2 feedback gain.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-182119

(43) 公開日 平成8年(1996)7月12日

(51) Int.Cl.⁶

B 6 0 L 15/20

識別記号

Y

J

片内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-320885

(22) 出願日 平成6年(1994)12月22日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 奥田 謙造

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動

車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

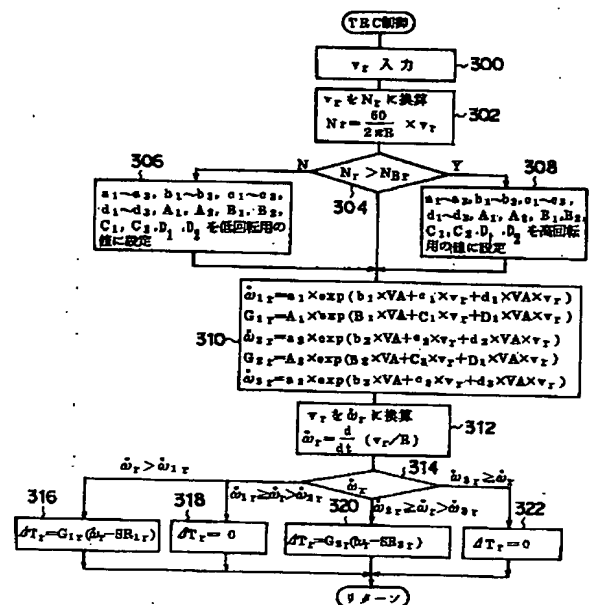
(54) 【発明の名称】 電気自動車用走行用モータの制御方法

(57) 【要約】

【目的】 一般の電気自動車に適するトラクションコントロール (T R C) を実現する。

【構成】 駆動輪の角加速度 $\dot{\omega}_r$ の値が角加速度しきい値 $\dot{\omega}_{1r}$ を越えた場合に (314)、角加速度 $\dot{\omega}_r$ にフィードバックゲイン G_{1r} を乗じた項を含むトルク指令補正值 ΔT_r を用いて、トルク指令にフィードバック補正を施す。駆動輪が路面をグリップしたことを、角加速度 $\dot{\omega}_r$ と角加速度しきい値 $\dot{\omega}_{2r}$ との比較により検出する (314)。駆動輪がスリップ路面から通常路面へと戻り角加速度 $\dot{\omega}_r$ が一時的に低下したことを、角加速度 $\dot{\omega}_r$ と角加速度しきい値 $\dot{\omega}_{3r}$ との比較により検出する (314)。角加速度しきい値 $\dot{\omega}_{1r} \sim \dot{\omega}_{3r}$ 並びにフィードバックゲイン G_{1r} 及び G_{2r} の値を、アクセル開度 V_A 及び駆動輪の車輪速 v_r に応じて設定する (310)。モータ回転数 N_r がベース回転数 N_{Br} を越えたか否かにより、角加速度しきい値やフィードバックゲインを決定する際の係数の値を変更する (304 ~ 308)。

T R C 制御部 (右側) の動作



$\dot{\omega}_{1r} \sim \dot{\omega}_{3r}$: 角加速度しきい値
 G_{1r}, G_{2r} : フィードバックゲイン

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 操縦者からの要求に応じて加速する電気自動車において、

最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク指令を決定するステップと、

要求される加速に応じて角加速度しきい値を決定するステップと、

駆動輪の角加速度を直接又は間接検出するステップと、角加速度の検出値を角速度しきい値と比較することにより駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、

スリップしていると判定された場合にトルク指令をフィードバック補正するステップと、

トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、

を有することを特徴とする電気自動車用走行用モータの制御方法。

【請求項2】 操縦者からの要求に応じて加速する電気自動車において、

最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク指令を決定するステップと、

要求される加速に応じてフィードバックゲインを決定するステップと、

駆動輪の角加速度を直接又は間接検出するステップと、駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、

スリップしていると判定された場合に、角加速度の検出値にフィードバックゲインを乗じた項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令をフィードバック補正するステップと、

トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、

を有することを特徴とする電気自動車用走行用モータの制御方法。

【請求項3】 駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する電気自動車において、

トルク指令を決定するステップと、

駆動輪の角速度及び角加速度を直接又は間接検出するステップと、

角速度の検出値に応じて角加速度しきい値を決定するステップと、

角加速度の検出値を角速度しきい値と比較することにより駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、

スリップしていると判定された場合にトルク指令をフィードバック補正するステップと、

トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、

を有することを特徴とする電気自動車用走行用モータの

制御方法。

【請求項4】 駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する電気自動車において、

トルク指令を決定するステップと、駆動輪の角速度及び角加速度を直接又は間接検出するステップと、

角速度の検出値に応じてフィードバックゲインを決定するステップと、

駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、

スリップしていると判定された場合に、角加速度の検出値にフィードバックゲインを乗じた項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令をフィードバック補正するステップと、

トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、

を有することを特徴とする電気自動車用走行用モータの制御方法。

【請求項5】 請求項1乃至4記載の制御方法において、

電気自動車用走行用モータの回転数に応じトルク指令を決定するステップと、

電気自動車用走行用モータの回転数を直接又は間接検出するステップと、

角加速度しきい値又はフィードバックゲインを回転数の検出値に応じて変更設定するステップと、

を有することを特徴とする電気自動車用走行用モータの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御する制御方法に関し、特に駆動輪のスリップ（滑走）が検出された場合にこれを是正するトラクション制御（TRC）に関する。

【0002】

【従来の技術】特開平2-299402号公報、特開平3-27701号公報等には、TRC機能を有するフォークリフトが開示されている。このフォークリフトにおいては、アクセルレバーの操作に応じて車両走行用モータに電流 i_M が供給され、これにより車両走行用モータにトルク τ_R が発生する。また、供給すべきモータ電流 i_M は、電流対トルク特性テーブルに従い、必要なトルク τ_R が発生するよう、決定する。

【0003】TRCに当たっては、一般に、まず駆動輪にスリップが発生したことを検出した上で、所定のトルクフィードバック処理を実行する必要がある。また、駆動輪のスリップは、操縦者からの加減速要求に比べ大きく駆動輪の速度が変動していること（又は駆動輪の加速度が大きいこと）を検出することにより、検出すること

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ができる。上述の公報においては、 τ_R を目標としてモータの出力トルクを制御しているから、スリップ有無の判定は制御目標 τ_R に対する実際の出力トルク τ_M の偏差に基づき行うことができる。すなわち、まずモータ電流の検出値 i_M にて電流対トルク特性テーブルを参照す

$$\frac{dN}{dt} = K(\tau_M - \tau_R)$$

に従い推定する。その一方で、駆動輪の速度又はモータ回転数 n の検出値に基づき実際に生じた加速度 dn/dt を求め、実際の加速度 dn/dt が本来発生すべき加速度 dN/dt に比べて大きい場合に、モータの回転数 n 、すなわち駆動輪の速度が大きく変動していると見なすようにすれば、好適にスリップを検出できる。スリップが検出された場合には、モータ電流 i_M を低減させていけば（トルクフィードバック）、ある時点で駆動輪が路面を再度グリップし、スリップは解消される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のTRCは、トルク制御の範囲が比較的限定され、また回転数（又は車輪速）によるスリップ判定基準の変化を考慮にいれなくて済むような、用途が限定された電気車両にしか適用できず、市街地その他を走行する一般の電気自動車に拡張適用することは、車両の加速性能に関する要請を満たす上で、困難である。

【0005】まず、通常の電気自動車の場合、登坂路走行や高速道路走行等の必要があるため、操縦者からの加速要求に応じて、より具体的にはアクセル開度に応じて、出力トルクを広い範囲に亘り可変制御する必要がある。また、必要に応じてモータを高速回転させる必要がある。そのため、モータの制御に当たっては、例えば図9に示されるような回転数対トルク特性テーブルに従い出力トルクの制御目標（トルク指令）を決定する。

【0006】図中の実線及び破線は、いずれも、モータ回転数 N がベース回転数 N_B より低い領域では出力トルク＝一定の直線を描いており、また高い領域では出力トルクと回転数 N の積（出力パワー）が一定の曲線を描いている。さらに、実線はアクセル開度が100%の場合、すなわち操縦者が最大加速を要求している場合に使用され、破線はアクセル開度が50%又は20%の場合に使用される。すなわち、モータ回転数 N 及びアクセル開度にて図9のテーブルを参照することにより、あるいはモータ回転数 N にてアクセル開度＝100%のテーブルを参照しその結果をアクセル開度にて案分することにより、トルク指令が決定される。このような特性に従い出力トルクを制御すれば、平坦路走行のみならず登坂路走行等も可能になり、また高速走行等も可能になる。

【0007】このような制御特性に従いトルク制御を行う電気自動車に、上述の公報に記載の方法を適用しTRCを実行することとすると、駆動輪の速度と車体の速度の差を抑制すること、すなわちステアリングに対するス

ることにより実際の出力トルク τ_M を推定し、次にこの出力トルク τ_M にて本来発生すべき加速度 dN/dt を次の式

【数1】

リップの影響を低減することが、困難になる。これは、上述の方法がフォークリフトのような構内用電気車両、ひいては平坦路走行や低速度定速走行を前提としており、登坂路走行や高速道路走行等を考慮していないこと、従ってアクセル開度やモータ回転数 N （又は駆動輪の車輪速）の変化にかかわらず同一の基準でスリップ判定を実行した同一の手法でトルクフィードバックを施していることによる。

【0008】また、車輪速変化率 dv/dt 又は回転数変化率 dn/dt 上スリップが発生したと見なせるしきい値は、一般に、図10に示されるように、車輪速 v に依存している。上述の公報に記載の方法では構内走行が前提されているため、車輪速 v が広い範囲に亘って変化することはそもそも考慮に入っておらず、従って車輪速 v によるスリップ発生状況の変化に対処できない。

【0009】本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、スリップ判定方法やトルクフィードバック方法の改善により、一般の電気自動車に適用可能なTRCを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の第1の構成は、操縦者からの要求に応じて加速する電気自動車において、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク指令を決定するステップと、要求される加速に応じて角加速度しきい値を決定するステップと、駆動輪の角加速度を直接又は間接検出するステップと、角加速度の検出値を角速度しきい値と比較することにより駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、スリップしていると判定された場合にトルク指令をフィードバック補正するステップと、トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、を有することを特徴とする。

【0011】本発明の第2の構成は、操縦者からの要求に応じて加速する電気自動車において、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク指令を決定するステップと、要求される加速に応じてフィードバックゲインを決定するステップと、駆動輪の角加速度を直接又は間接検出するステップと、駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、スリップしていると判定された場合に、角加速度の検出値にフィードバックゲインを乗じた項を含むフィードバックトルク

THIS PAGE BLANK

THIS PAGE BLANK (USPTO)

を加算又は減算することにより、トルク指令をフィードバック補正するステップと、トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、を有することを特徴とする。

【0012】本発明の第3の構成は、駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する電気自動車において、トルク指令を決定するステップと、駆動輪の角速度及び角加速度を直接又は間接検出するステップと、角速度の検出値に応じて角加速度しきい値を決定するステップと、角加速度の検出値を角速度しきい値と比較することにより駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、スリップしていると判定された場合にトルク指令をフィードバック補正するステップと、トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、を有することを特徴とする。

【0013】本発明の第4の構成は、駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する電気自動車において、駆動輪の角速度及び角加速度を直接又は間接検出するステップと、角速度の検出値に応じてフィードバックゲインを決定するステップと、駆動輪がスリップしているか否かを判定するステップと、スリップしていると判定された場合に、角加速度の検出値にフィードバックゲインを乗じた項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令をフィードバック補正するステップと、トルク指令に基づき電気自動車用走行用モータの出力トルクを制御するステップと、を有することを特徴とする。

【0014】本発明の各構成は、さらに、電気自動車用走行用モータの回転数に応じトルク指令を決定するステップと、電気自動車用走行用モータの回転数を直接又は間接検出するステップと、角加速度しきい値又はフィードバックゲインを回転数の検出値に応じて変更設定するステップと、を有することを特徴とする。

【0015】

【作用】本発明の第1の構成においては、まず、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じ、例えばアクセル開度に応じ角加速度しきい値が決定される。駆動輪の角加速度の検出値は、この角速度しきい値と比較される。駆動輪がスリップしている場合、駆動輪の角速度は大きく変動するから、駆動輪の角加速度は大きくなる。従って、駆動輪の角加速度の検出値をしきい値判定することにより、スリップの有無を判定できる。スリップしていると判定された場合、トルク指令は例えば駆動輪の角加速度の検出値に応じてフィードバック補正される。このフィードバック補正を適宜実行することにより、駆動輪のスリップは抑制乃至解消され、駆動輪は再び路面をグリップする。また、最大出力可能な

トルク指令に対する要求される加速の比に応じ角加速度しきい値が決定されているから、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク値が変化する特性に従いモータの制御を行う場合であっても、当該比に適応した角加速度しきい値を用いてスリップを検出でき、従ってスリップが好適に抑制乃至解消される。

【0016】本発明の第2の構成においては、まず最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じフィードバックゲインが決定され、次に駆動輪がスリップしているか否かが判定される。スリップしていると判定された場合、トルク指令は駆動輪の角加速度の検出値に応じてフィードバック補正される。このフィードバック補正を適宜実行することにより、駆動輪のスリップは抑制乃至解消され、駆動輪は再び路面をグリップする。また、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じ決定されたフィードバックゲインを角加速度の検出値に乘じ、その結果たるフィードバック補正項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令のフィードバック補正が行われているから、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク値が変化する特性に従いモータの制御を行う場合であっても、当該比に適応した量のフィードバック補正をトルク指令に施すことができ、スリップが好適に抑制乃至解消される。

【0017】本発明の第3の構成においては、駆動輪の角速度に応じて角加速度しきい値が決定される。その後、第1の構成と同様の手順で処理が実行される。従って、本構成に係る方法を実行することにより、駆動輪のスリップは抑制乃至解消され、駆動輪は再び路面をグリップする。また、駆動輪の角速度に応じ角加速度しきい値が決定されているから、駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する場合であっても、当該角速度に適応した角加速度しきい値を用いてスリップを検出でき、従ってスリップが好適に抑制乃至解消される。

【0018】本発明の第4の構成においては、駆動輪の角速度に応じてフィードバックゲインが決定される。その後、第2の構成と同様の手順で処理が実行される。従って、本構成に係る方法を実行することにより、駆動輪のスリップは抑制乃至解消され、駆動輪は再び路面をグリップする。また、駆動輪の角速度に応じて決定されたフィードバックゲインを角加速度の検出値に乘じ、その結果たるフィードバック補正項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令のフィードバック補正が行われているから、駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する場合であっても、当該角速度に適応した量のフィードバック補正をトルク指令に施すことができ、スリップが好適に抑

THIS PAGE BLANK (USPTO.)

THIS PAGE BLANK (USPTO.)

制乃至解消される。

【0019】本発明の各構成においては、さらに、電気自動車用走行用モータの回転数が直接又は間接検出される。さらに、角加速度しきい値又はフィードバックゲインが、回転数の検出値に応じて変更設定される。従って、トルク指令が電気自動車用走行用モータの回転数に応じて変化する特性に従い当該モータの制御を行う場合であっても、当該回転数に適応した角加速度しきい値を用いてスリップを検出でき、あるいは当該回転数に適応した量のフィードバック補正をトルク指令に施すことができるから、スリップが好適に抑制乃至解消される。

【0020】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について図面に基づき説明する。

【0021】図1には、本発明を実施するのに適する電気自動車のシステム構成が示されている。この図に示される車両10は、前輪12r及び12lを従動輪、後輪14r及び14lを駆動輪とする後輪駆動の車両である。なお、以下の説明では、右側の駆動輪14rに関連する部材の符号の末尾にrを、左側の駆動輪14lに関連する部材の符号の末尾にlを、それぞれ付すこととする。

【0022】駆動輪14r及び14lには、それぞれ、車両走行用のモータ16r又は16lが付設又は内蔵されている。すなわち、車両10は、ホイールインモータ方式の電気自動車である。モータ16r及び16lはいずれも3相交流モータであり、対応するインバータ18r又は18lを介し主バッテリー19から駆動電力の供給を受ける。すなわち、主バッテリー19の放電出力はインバータ18r又は18lによって直流から3相交流に変換され、3相交流モータであるモータ16r又は16lにそれぞれ供給される。

【0023】モータ16r及び16lの出力トルクはコントローラ20によって制御される。すなわち、コントローラ20は、アクセル開度VAやブレーキ踏力に関する情報を入力する一方で、モータ16r及び16lにそれぞれ付設された回転センサ22r及び22lによって駆動輪14r及び14lの速度 v_r 及び v_l を検出し、これらに基づき、モータ16r及び16lに係るトルク指令を決定する。なお、速度 v_r 及び速度 v_l に代え、加速度 ω_r 及び ω_l を検出するようにしてもよい。コントローラ20は、決定したトルク指令に基づき対応するインバータ18r及び18lを制御することにより、決定したトルク指令が各モータ16r及び16lにて実現されるよう、当該モータ16r及び16lに供給する3相交流電流の制御を行う。

【0024】図2には、コントローラ20の内部構成のうち、TRCに関連する部分が示されている。この図の構成は、左右それぞれの駆動輪14r及び14lに対応して設けられたトルク指令演算部24r及び24l、T

RC制御部26r及び26l、減算器28r及び28l、並びにトルク指令出力部30r及び30lから構成されている。

【0025】前述のアクセル開度VAは、トルク指令演算部24r及び24lに入力される。トルク指令演算部24r及び24lは、このアクセル開度VAの他、対応する回転センサ22r又は22lにおいて得られる情報に基づきトルク指令 T_r 又は T_l を決定し、減算器28r及び28lに出力する。TRC制御部26r及び26lは、対応する回転センサ22r又は22lから得られる情報に基づきトルク指令補正值 ΔT_r 又は ΔT_l を演算し、これを対応する減算器28r又は28lに出力する。減算器28r及び28lにおいては、

【数2】

$$T_r = T_r - \Delta T_r$$

$$T_l = T_l - \Delta T_l$$

の演算が行われ、得られた補正後のトルク指令 T_r 及び T_l は対応するトルク指令出力部30r又は30lに供給される。トルク指令出力部30r及び30lは、このトルク指令 T_r 又は T_l に応じて対応するインバータ18r又は18lによる電力変換動作を制御する。例えば、トルク指令 T_r 又は T_l に応じて電流指令を決定し、決定した電流指令がモータ16r又は16lの電流として実現されるようインバータ18r及び18lにおける電力変換動作、具体的にはスイッチング動作を制御する。

【0026】図3には、本実施例における制御モデルの概要が示されている。この図においては、右側の駆動輪14rに関する制御モデルのみが示されている。これは、左右の駆動輪14r及び14lの挙動が、制御モデル上で実質的に同一であることや、コントローラ20の動作原理が左右の駆動輪14r及び14lそれぞれについて同一のアルゴリズムに基づくものであることによる。そこで、以下、もっぱら右側の駆動輪14rに関する制御動作について説明するが、左側の駆動輪14lに関しても同様の説明が成り立つ。

【0027】先に図2を用いて説明したように、減算器28rからは、トルク指令補正值 ΔT_r によるフィードバック補正を受けたトルク指令 T_r が出力される。このトルク指令 T_r は、インバータ18rやモータ16rを介し、駆動輪14rにて実現される。但し、実現されるトルクは、トルク指令 T_r に相当するトルクから、駆動輪14rが路面から受ける摩擦反力によるトルクを減じた値となる。駆動輪14rのイナーシャを I 、重力加速度を g と表すこととすると、駆動輪14rには、実現したトルクに G/I を乗じた値の角加速度 $\omega \cdot r$ が発生するから、回転センサ22rの取付位置が駆動輪14rの中心から R の距離にあるとすると、回転センサ22rによって検出される車輪速 v_r は、

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【数3】

$$v_r = R \int \frac{g}{I} T_r dt$$

となる。但し、この式における T_r は、トルク指令 T_r から摩擦反力によるトルクを減じた値である。回転センサ22rの出力は、前述のように、トルク指令演算部24rやTRC制御部26rに入力される。

【0028】図4には、この実施例におけるトルク指令演算部24rの動作の流れが示されている。この図に示されるように、トルク指令演算部24rは、まず車輪速 v_r 及びアクセル開度 VA を入力し(100)、入力した車輪速 v_r をモータ16rの回転数 N_r に変換する(102)。その際の変換式としては、

【数4】

$$N_r = \frac{60}{2\pi R} \times V_r$$

を使用する。トルク指令演算部24rは、得られた回転数 N_r によってテーブル200を参照することにより、その回転数 N_r にて実現可能な最大の出力トルク T_{maxr} を決定する(104)。テーブル200は、アクセル開度 VA が100%のときの回転数 N_r 対トルク指令 T_r の特性を示すテーブルである。図中、 N_{Br} は、モータ16rのベース回転数を表わしている。トルク指令演算部24rは、このように得られた最大トルク T_{maxr} 及びステップ100にて入力したアクセル開度 VA に基づき、次の演算

【数5】

$$T_r = T_{maxr} \times VA$$

を実行し、これによりトルク指令 T_r を決定する(106)。得られたトルク指令 T_r は、前述のように、減算器28rを介してトルク指令出力部30rに供給される。

$$\dot{\omega}_{1r} = a_1 \times \exp(b_1 \times VA + c_1 \times v_r + d_1 \times VA \times v_r)$$

$$G_{1r} = A_1 \times \exp(B_1 \times VA + C_1 \times v_r + D_1 \times VA \times v_r)$$

$$\dot{\omega}_{2r} = a_2 \times \exp(b_2 \times VA + c_2 \times v_r + d_2 \times VA \times v_r)$$

$$G_{2r} = A_2 \times \exp(B_2 \times VA + C_2 \times v_r + D_2 \times VA \times v_r)$$

$$\dot{\omega}_{3r} = a_3 \times \exp(b_3 \times VA + c_3 \times v_r + d_3 \times VA \times v_r)$$

に従い決定する(310)。TRC制御部26rは、さらに、ステップ300にて入力した車輪速 v_r を次の式

$$\dot{\omega}_r = \frac{d}{dt} (v_r / R)$$

を用いて角加速度 $\dot{\omega}_r$ に変換する(312)。TRC制御部26rは、変換により得られた角加速度 $\dot{\omega}_r$ について、角加速度しきい値 $\dot{\omega}_{1r} \sim \dot{\omega}_{3r}$ を用いた比較判定を実行する(314)。

【0032】すなわち、 $\dot{\omega}_r > \dot{\omega}_{1r}$ が成立している場合には、TRC制御部26rは

【数8】

$$\Delta T_r = G_{1r} (\dot{\omega}_r - SR_{1r})$$

【0029】図5には、この実施例におけるTRC制御部26rの動作の流れが示されている。

【0030】TRC制御部26rは、対応する回転センサ22rによって検出される車輪速 v_r を入力し(300)、これをモータ16rの回転数 N_r に変換する(302)。その際の変換式としては、前述のステップ102において使用した式と同様の式を使用する。TRC制御部26rは、回転数 N_r をベース回転数 N_{Br} と比較し(304)、比較結果に応じて後述の制御に使用する係数 $a_1 \sim a_3$ 、 $b_1 \sim b_3$ 、 $c_1 \sim c_3$ 、 $d_1 \sim d_3$ 、 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 C_1 、 C_2 、 D_1 、 D_2 を設定する(306、308)。すなわち、前述の図9や図4中のテーブル200に示されているように、モータ16rの制御特性としては、ベース回転数 N_{Br} 以下でトルク一定、以上で出力パワー一定となるような特性が使用される。従って、ベース回転数 N_{Br} の上下でトルク指令 T_r の値は異なった値となる。そのため、TRCを実行するに際しても、スリップ判定のための角速度しきい値やトルク指令 T_r のフィードバック補正のためのフィードバックゲイン(後述)の値を、回転数 N_r の値がベース回転数 N_{Br} より高いか低いかに応じて切り換えるのが好ましい。ステップ306及び308は、このような切換を実行するためのステップであり、ステップ306においては上述の係数に低回転用の値が、ステップ308においては高回転用の値が、それぞれ設定される。

【0031】TRC制御部26rは、ステップ306又は308にて設定された各係数を使用し、またアクセル開度 VA や車輪速 v_r に基づき、角速度しきい値 $\dot{\omega}_{1r} \sim \dot{\omega}_{3r}$ フィードバックゲイン G_{1r} 及び G_{2r} を、次の式

【数6】

【数7】

の式により、そうでない場合には

【数9】

$$\Delta T_r = 0$$

の式により、トルク指令補正值 ΔT_r を決定する(316、318)。但し、後者の場合であっても、 $\dot{\omega}_{2r} \geq \dot{\omega}_r$ が成立する場合には、

【数10】

$$\Delta T_r = G_{2r} (\dot{\omega}_r - SR_{2r})$$

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

の式に従いトルク指令補正值 Δt_r の値を決定する(320)。

【0033】TRC制御部26rは、さらに、 $\omega \cdot 2r \geq \omega \cdot r$ が成立する場合であっても、 $\omega \cdot 3r \geq \omega \cdot r$ が成立する場合には、

【数11】

$$\Delta T_r = 0$$

の式に従いトルク指令補正值 ΔT_r を決定する(322)。ステップ316~322のいずれかにより決定されたトルク指令補正值 ΔT_r は減算器28rに供給され、トルク指令 T_r にフィードバックされる。

【0034】図6は、この実施例におけるモータ16rの出力トルクや角加速度 $\omega \cdot r$ の挙動が示されている。これらの図のうち、特に(a)は出力トルクの挙動を、

(b)は角加速度 $\omega \cdot r$ の挙動を、それぞれ示す図であり、両図は同一の時間について描かれている。また、

(c)は角加速度 $\omega \cdot r$ の挙動に関し、(b)よりも広い時間間隔について描いた図である。

【0035】まず、時刻 $t = t_0$ においてこの実施例の車両10、より詳細には駆動輪14rが通常路面からスリップ路面に入ると、駆動輪14rがスリップするのに伴い角加速度 $\omega \cdot r$ が増大する結果、 $\omega \cdot r < \omega \cdot 1r$ の条件が成立する。すると、ステップ316にて決定されるトルク指令補正值 ΔT_r によるフィードバック補正がトルク指令 T_r に施されるため、トルク指令 T_r は徐々に低下していく。その後、トルク指令 T_r の値が通常路面での値に比べ十分低くなると駆動輪14rによって路面がグリップされる結果、角加速度 $\omega \cdot r$ の値も十分小さな値となる。このことは、ステップ314にて、角加速度 $\omega \cdot r$ を角加速度しきい値 $\omega \cdot 2r$ と比較することにより検出される。すなわち、 $\omega \cdot 2r \geq \omega \cdot r$ が成立したことをもって、駆動輪14が路面をグリップしたことを検出する。

【0036】この後、車両10がスリップ路面を走行している間は、ステップ320により決定されたトルク指令補正值 ΔT_r によるフィードバック補正がトルク指令 T_r に施される状態が続く。このようなフィードバック補正が加えられ続けている状態で車両10の駆動輪14rが通常の路面に復帰すると、角加速度 $\omega \cdot r$ の値が一時的にさらに低い値に変化する。この変化は、ステップ314において角加速度 $\omega \cdot r$ を角加速度しきい値 $\omega \cdot 3r$ と比較することにより検出される。すなわち、 $\omega \cdot 3r \geq \omega \cdot r$ と判定された場合、TRC制御部26rは、トルク指令補正值 ΔT_r の値を0に戻す(ステップ322)。

【0037】このように、本実施例によれば、角加速度 $\omega \cdot r$ と角加速度しきい値 $\omega \cdot 1r$ との比較によりスリップを検出しトルク指令 T_r を低減補正するようにしたため、駆動輪14rにより路面を早期にグリップすることが可能になる。また、角加速度 $\omega \cdot r$ と角加速度しきい

値 $\omega \cdot 2r$ との比較により駆動輪14rが路面をグリップしたことを検出しトルク指令 T_r を低減補正するようにしたため、駆動輪14rが路面をグリップしている状態を保持することができる。さらに、角加速度 $\omega \cdot r$ と角加速度しきい値 $\omega \cdot 3r$ との比較により、駆動輪14rがスリップ路面から通常路面に移行したことを検出するようにしたため、スリップ路面から通常路面への移行に伴い直ちにトルク指令 T_r を元の値に戻すことができる。

【0038】さらに、本実施例においては、角加速度しきい値 $\omega \cdot 1r \sim \omega \cdot 3r$ や、フィードバックゲイン G_{1r} 及び G_{2r} の値を、アクセル開度VAの値に応じて変更するようにしたため、アクセル開度VAの値に応じてトルク指令 T_r の値が変化するような特性に従いモータ16rを制御しているにもかかわらず、駆動輪14rによって路面を好適にグリップし従って車輪速 v_r と車体速Vとの差を好適に抑制することができる。また、これら角加速度しきい値やフィードバックゲインを駆動輪14rの車輪速 v_r に応じて変化させるようにしたため、スリップが発生していると思わせる角加速度 $\omega \cdot r$ の値が車輪速 v_r に依存して変化するにもかかわらず、駆動輪14rにより路面を好適にグリップし車輪速 v_r と車体速Vとの差を抑制することができる。また、角加速度しきい値やフィードバックゲインを決定する式中にアクセル開度VAと車輪速 v_r の積に係る項が含まれているため、アクセル開度VAと車輪速 v_r が同時に変化した場合に生じる非線形的な挙動にも対処することができる。

【0039】例えば、図7(A)~(D)に示されているように、本実施例においては、車輪速 v_r やアクセル開度VAの如何にかかわらず、車輪速 v_r と車体速Vの差を5%内外に抑制することができる。これに対し、角加速度しきい値やフィードバックゲインの値をアクセル開度VAや車輪速 v_r に応じて変更しないようにした場合には、図8に示されるように、特に車両10がスリップ路面を走行している際に車輪速 v_r と車体速Vとの差が大きくなる。図8は、図7(A)と同一の条件設定下で得られる結果である。

【0040】加えて、本実施例においては、モータ16rの回転数 N_r がベース回転数 N_{Br} の値を越えたか否かに応じて角加速度しきい値やフィードバックゲインの値を決定するための各種の係数の値を切り換えるようにしている。これは、モータ16rの制御特性が、回転数 N_r によらず常に一定のトルクを出力させるような特性ではなく、特に高回転域において出力一定の曲線に従いトルクを変化させる特性であることに対応したものである。これにより、本実施例によれば、特に高回転域での走行に対処したTRCを実現することができる。

【0041】さらに、本実施例においては、車両10をホイールインモータ式の電気自動車として構成している。従って、駆動輪14rが接している部位の摩擦係数と駆動輪14lが接している部位の摩擦係数とが異なる

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ような路面を走行している場合であっても、各駆動輪 14r 及び 14l 毎に路面をグリップすることができる。その際、従来のガソリン車のようにブレーキ制御等を行う必要がない。

【0042】なお、上述の実施例では、ステップ 316 及び 320 においてトルク指令補正值 ΔT_r を演算する際、角加速度 ω_r から係数 $SR1_r$ 又は $SR2_r$ を減ずるようにしているが、これは、ステップ 316 又は 320 により得られるトルク指令補正值 ΔT_r の符号を調整するための処理であり、 $SR1_r$ 及び $SR2_r$ の値は適宜設計的に決定することができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第 1 の構成によれば、駆動輪の角加速度の検出値を、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じ決定された角加速度しきい値と比較することにより、駆動輪のスリップを検出するようにしたため、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク値が変化する特性に従いモータの制御を行う場合であっても、当該比に適応した角加速度しきい値を用いてスリップを検出でき、従ってスリップを好適に抑制乃至解消できる。

【0044】本発明の第 2 の構成によれば、スリップが検出された場合に、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じ決定されたフィードバックゲインを駆動輪の角加速度の検出値に乘じ、その結果たるフィードバック補正項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令をフィードバック補正するようにしたため、最大出力可能なトルク指令に対する要求される加速の比に応じトルク値が変化する特性に従いモータの制御を行う場合であっても、当該比に適応した量のフィードバック補正をトルク指令に施すことができ、スリップを好適に抑制乃至解消できる。

【0045】本発明の第 3 の構成によれば、駆動輪の角加速度の検出値を、駆動輪の角速度に応じ決定された角加速度しきい値と比較することにより、駆動輪のスリップを検出するようにしたため、駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行する場合であっても、当該角速度に適応した角加速度しきい値を用いてスリップを検出でき、従ってスリップを好適に抑制乃至解消できる。

【0046】本発明の第 4 の構成によれば、スリップが検出された場合に、駆動輪の角速度に応じ決定されたフィードバックゲインを駆動輪の角加速度の検出値に乘じ、その結果たるフィードバック補正項を含むフィードバックトルクを加算又は減算することにより、トルク指令をフィードバック補正するようにしたため、駆動輪にてスリップが発生しているか否かの境界を示す駆動輪の角速度変化率が駆動輪の角速度に依存する路面を走行す

る場合であっても、当該角速度に適応した量のフィードバック補正をトルク指令に施すことができ、スリップを好適に抑制乃至解消できる。

【0047】そして、本発明の各構成によれば、モータの回転数の検出値に応じ、角加速度しきい値又はフィードバックゲインを変更設定するようにしたため、トルク指令が電気自動車用走行用モータの回転数に応じて変化する特性に従い当該モータの制御を行う場合であっても、当該回転数に適応した角加速度しきい値を用いてスリップを検出でき、あるいは当該回転数に適応した量のフィードバック補正をトルク指令に施すことができるから、スリップを好適に抑制乃至解消できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明を実施するのに適する電気自動車のシステム構成を示すブロック図である。

【図 2】 この実施例におけるコントローラの内部構成の一部を示すブロック図である。

【図 3】 この実施例における制御モデルを右側の駆動輪について描く図である。

【図 4】 この実施例におけるトルク指令演算部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図 5】 この実施例における T R C 制御部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図 6】 この実施例におけるトルク及び角加速度の挙動を示す図であり、特に (a) は通常路面からスリップ路面に移行した直後におけるトルクの挙動を、(b) は同時点における角加速度の挙動を、(c) は通常路面からスリップ路面に移行しさらに通常路面に戻った場合の角加速度の挙動をそれぞれ示す図である。

【図 7】 本実施例の効果を示す図であり、(A) は車輪速及び駆動輪の車輪速が共に所定値 a でありかつアクセル開度が 100% の場合を、(B) は車体速及び駆動輪の車輪速が共に 0 でありかつアクセル開度が 100% である場合を、(C) は車体速及び駆動輪の車輪速が共に所定値 a でありかつアクセル開度が 20% である場合を、(D) は車体速及び駆動輪の車輪速が共に 0 でありかつアクセル開度が 20% である場合を、それぞれ示す図である。

【図 8】 車体速及び駆動輪の車体速が共に a でありアクセル開度が 100% である条件下において角加速度しきい値及びフィードバックゲインに関し本実施例の制御を実行しないようにした場合の動作を示す図である。

【図 9】 電気自動車において一般的に使用される回転数対トルク制御特性を示す図である。

【図 10】 スリップが発生する車輪速変化率の車輪速依存特性を示す図である。

【符号の説明】

10 車両、12r、12l 従動輪、14r、14l 駆動輪、16r、16l モータ、18r、18l インバータ、19 主バッテリー、20 コントローラ、

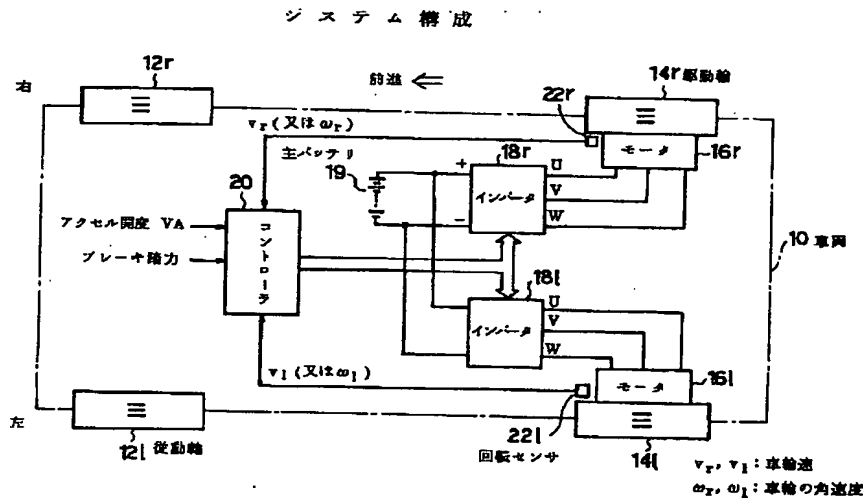
THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

22r, 22l 回転センサ、24r, 24l トルク指令演算部、26r, 26l TRC制御部、28r, 28l 減算器、30r, 30l トルク指令出力部、 T_r, T_l トルク指令、 $\Delta T_r, \Delta T_l$ トルク指令補正值、 ω^*_r 角加速度、 ω_r 角速度、 v_r 車輪速、 N_r モータ回転数、 N_{Br} ベース回転数、 $\omega^*_{lr} \sim$

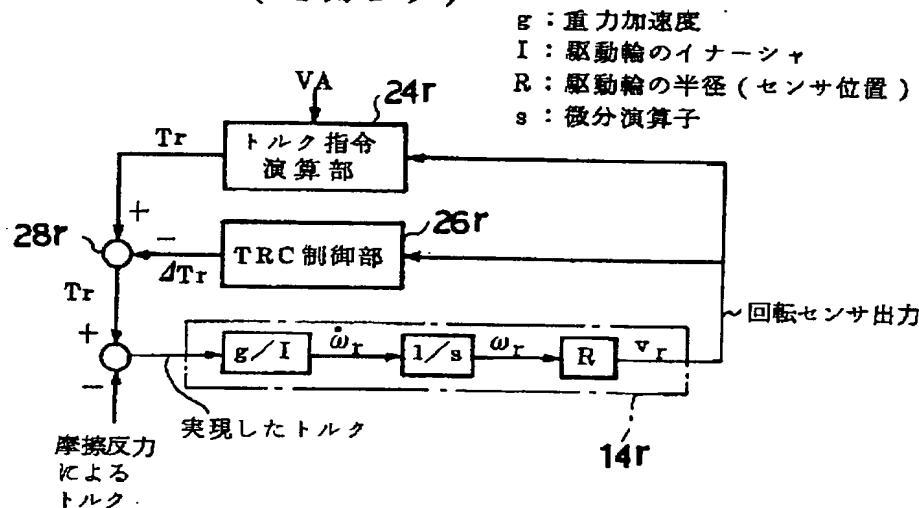
ω^*_{3r} 角加速度しきい値、 G_{lr}, G_{2r} フィードバックゲイン、 $a_1 \sim a_3, b_1 \sim b_3, c_1 \sim c_3, d_1 \sim d_3$ 角加速度しきい値を決定する決定する係数、 $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1, D_2$ フィードバックゲインを決定する係数。

【図1】



【図3】

制御モデル（右側のみ）

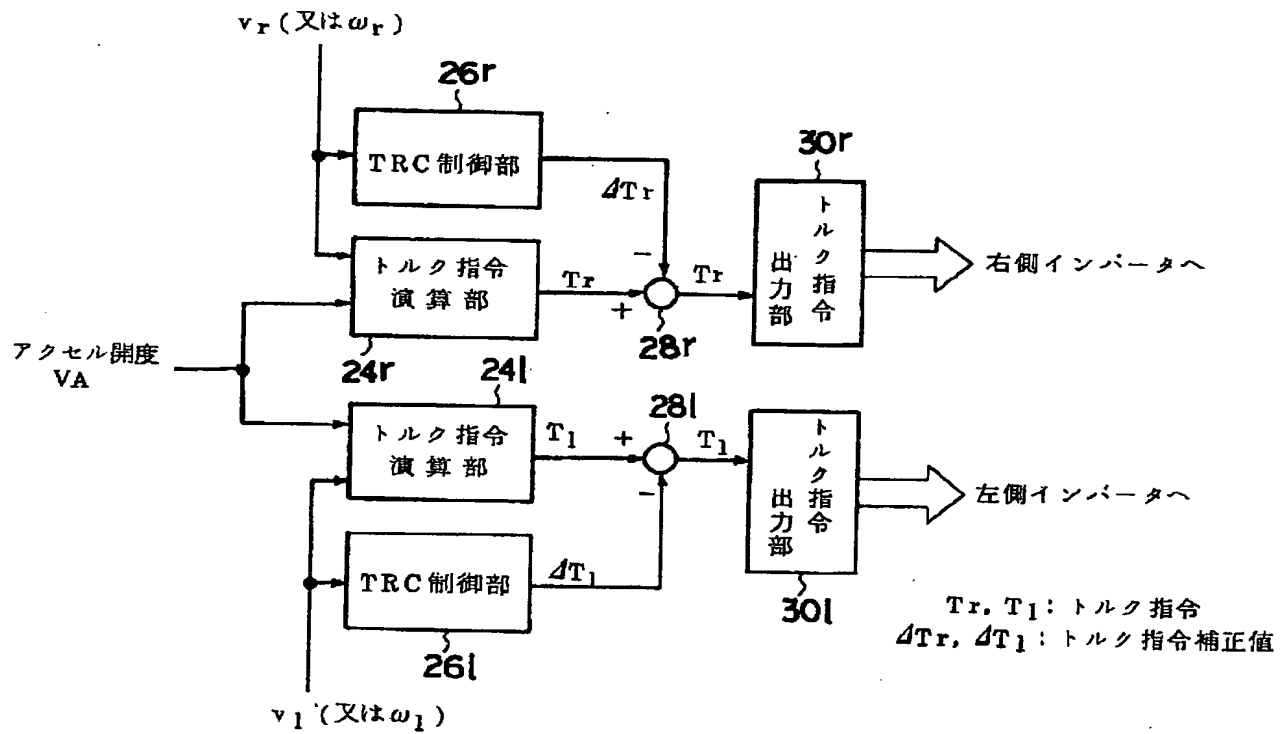


THIS PAGE BLANK (USPTO)

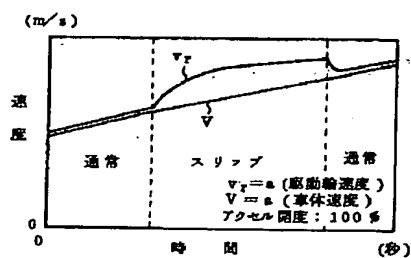
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図2】

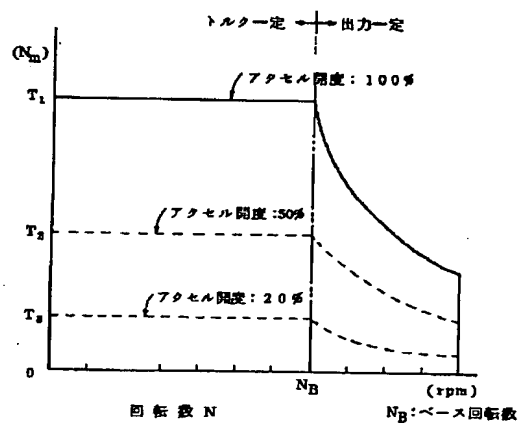
コントローラの機能構成



【図8】



【図9】

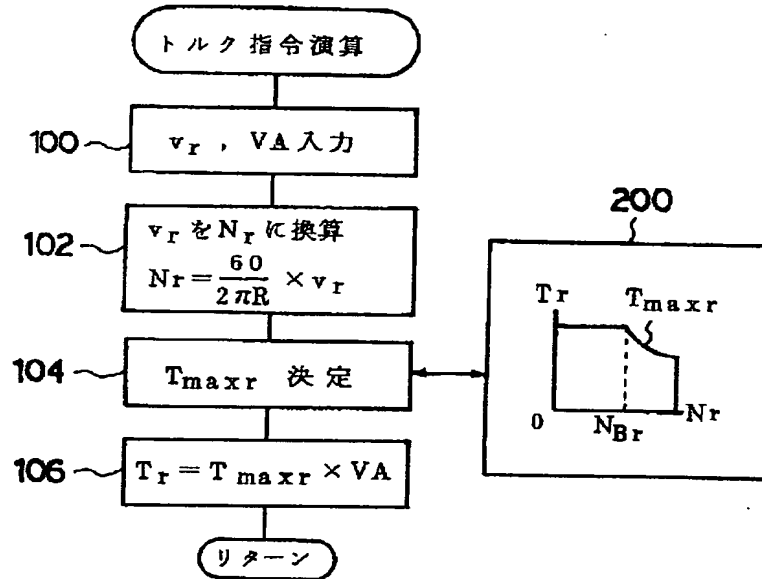


THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

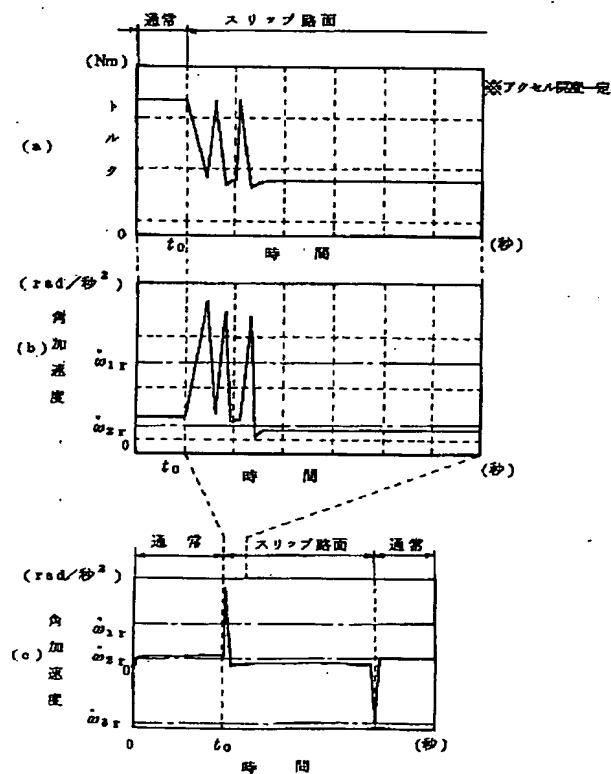
【図4】

トルク指令演算部（右側）の動作

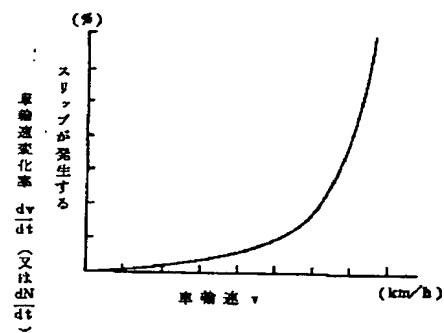


N_r : モータ回転数 (右側)
 N_{Br} : ベース回転数 (右側)
 T_{maxr} : 最大トルク (右側)

【図6】



【図10】

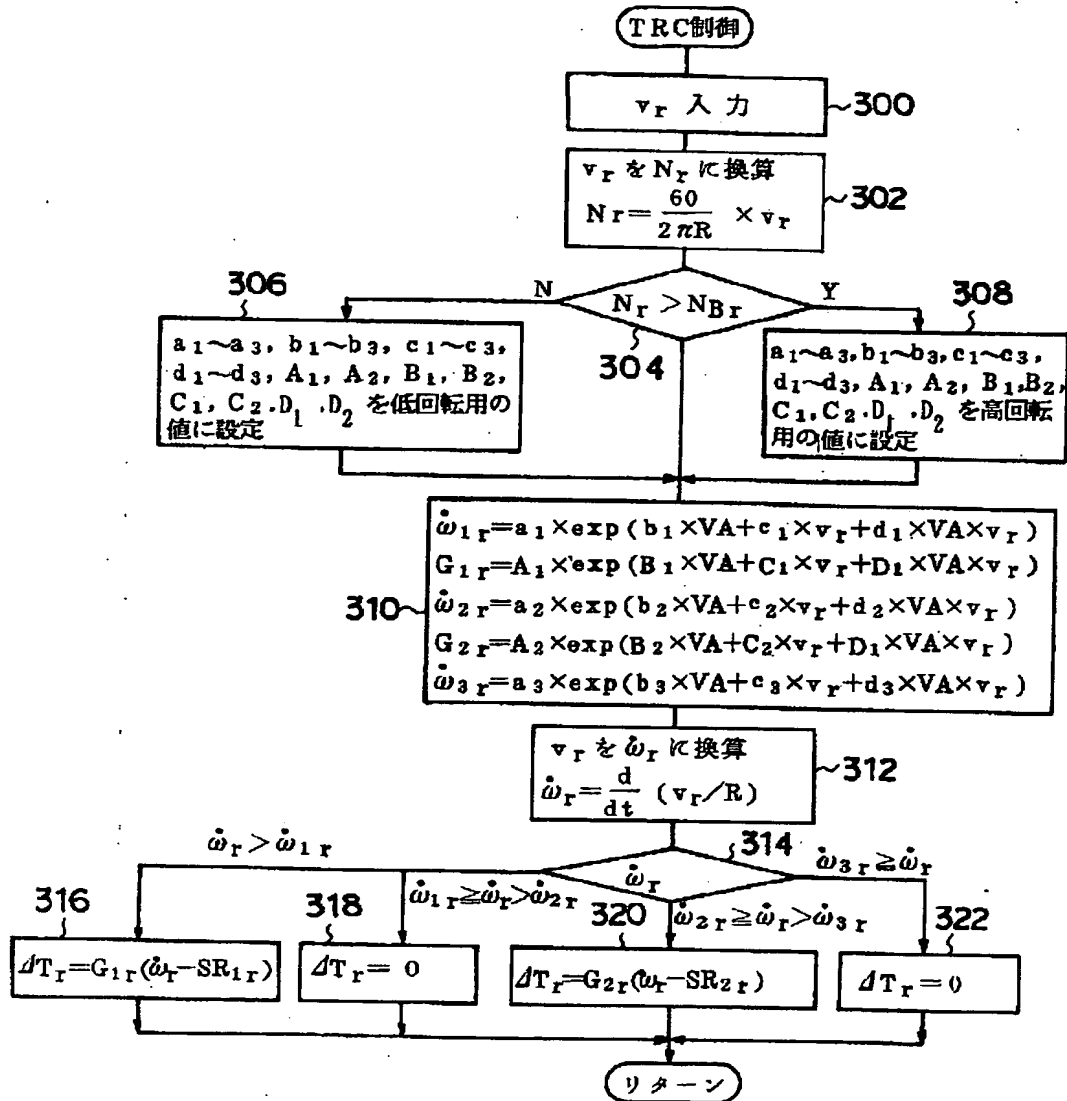


THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図5】

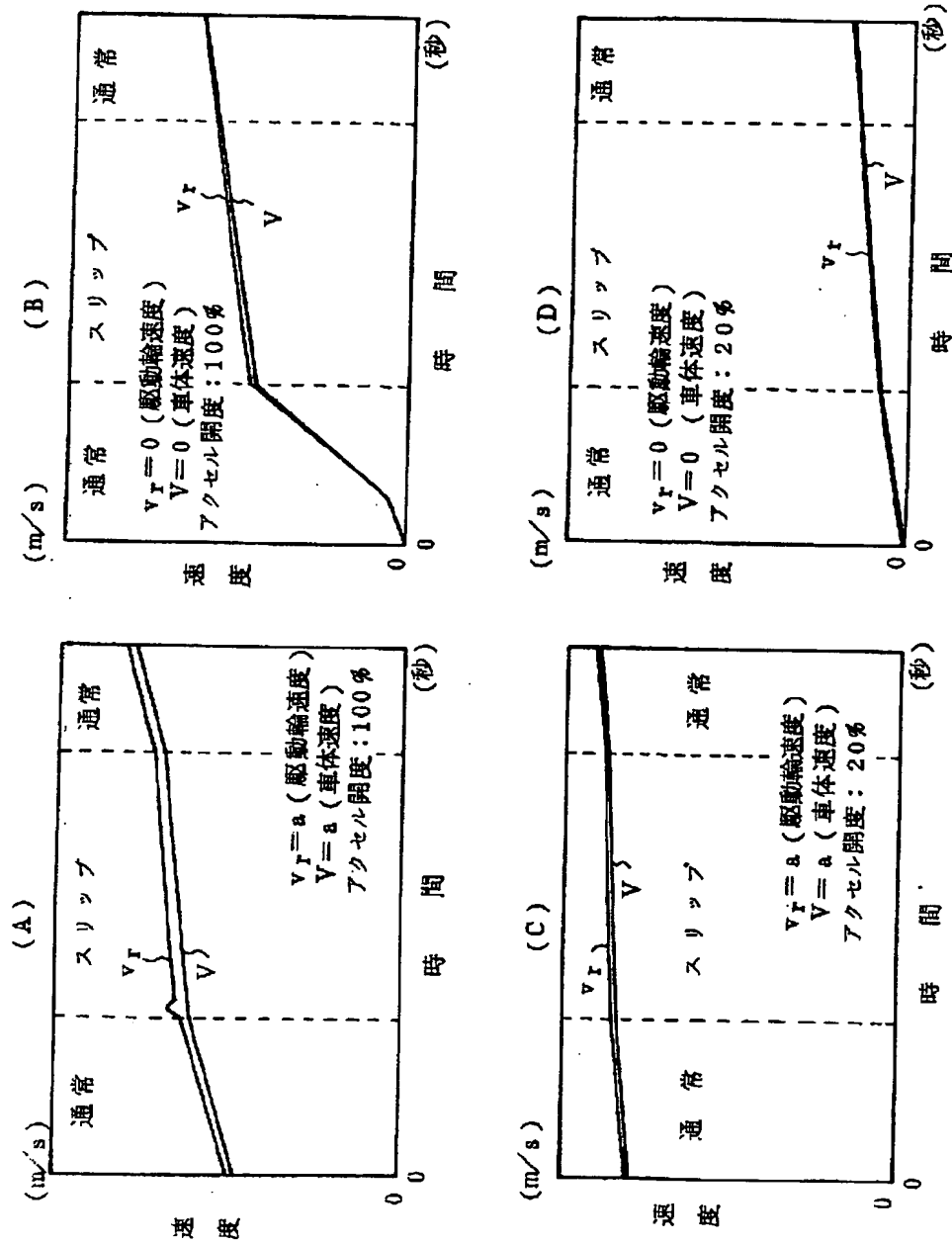
TRC制御部（右側）の動作

 $\dot{\omega}_{1r} \sim \dot{\omega}_{3r}$: 角加速度しきい値 G_{1r}, G_{2r} : フィードバックゲイン

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図7】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)